

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10055447 A**

(43) Date of publication of application: **24 . 02 . 98**

(51) Int. Cl.

G06T 7/60
G06T 7/00
G06T 11/00

(21) Application number: **09128710**

(22) Date of filing: **19 . 05 . 97**

(30) Priority: **21 . 05 . 96 JP 08125284**

(71) Applicant: **MONORISU:KK**

(72) Inventor: **KUNII TOSHIYASU**

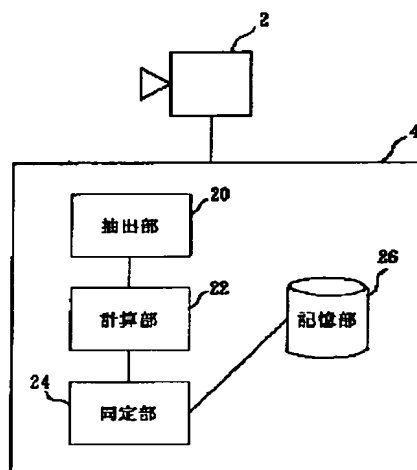
(54) **OBJECT RECOGNIZING METHOD AND DEVICE
USING THE SAME**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simply and precisely recognize an object.

SOLUTION: PC(personal computer) 4 inputs the video of the object from a camera. An extraction part 20 extracts the outline of the photographed object. A calculation part 22 calculates the curvature of the extracted outline. An identification part 24 identifies the object based on the feature of the calculated curvature. The identification part 24 refers to a storage part 26 holding the feature of the curvature on the outline of various objects and classifies the objects.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-55447

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/60			G 0 6 F 15/70	3 5 0 C
7/00			15/62	4 0 0
11/00			15/72	A

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-128710

(22) 出願日 平成9年(1997) 5月19日

(31) 優先権主張番号 特願平8-125284

(32) 優先日 平8(1996) 5月21日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 396001980

株式会社モノリス

東京都港区麻布十番1丁目7番3号

(72) 発明者 國井 利泰

東京都文京区本郷1-25-21 ドムス本郷

602

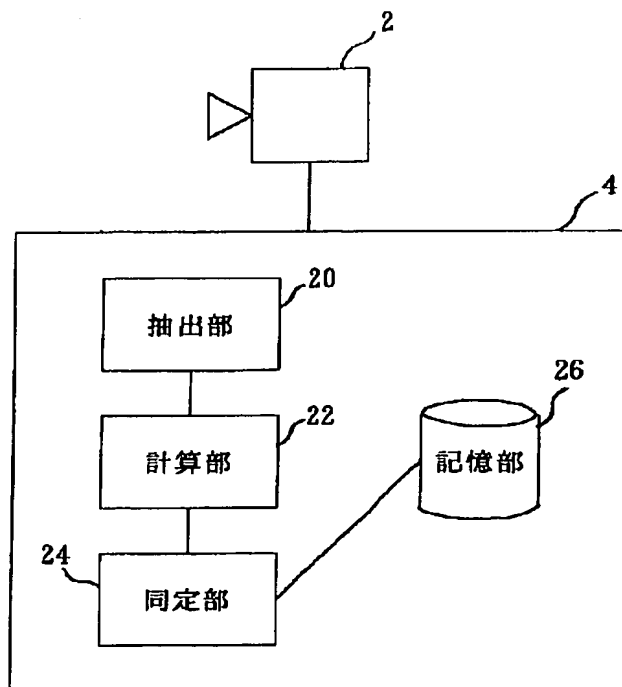
(74) 代理人 弁理士 森下 賢樹

(54) 【発明の名称】 オブジェクト認識方法およびその方法を用いた装置

(57) 【要約】

【課題】 オブジェクトの認識を簡単に、精度よく行いたい。

【解決手段】 P C 4はカメラからオブジェクトの映像を入力する。抽出部20は撮影されたオブジェクトの輪郭線を抽出する。計算部22は抽出された輪郭線の曲率を算出する。同定部24は算出された曲率の特徴をもとにオブジェクトを同定する。同定部24はいろいろなオブジェクトの輪郭線上の曲率の特徴を保持する記憶部26を参照し、オブジェクトをクラスに分ける。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 オブジェクトの輪郭線を抽出するステップと、

抽出された輪郭線の曲率を算出するステップと、
算出された曲率の特徴をもとにオブジェクトを同定するステップと、

を含むことを特徴とするオブジェクト認識方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の方法において、予め記録されていた複数のオブジェクトの中から、その曲率の特徴が前記算出された曲率の特徴に近いものが検索されるオブジェクト認識方法。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の方法において、曲率の特徴点をもとにオブジェクトが同定されるオブジェクト認識方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の方法において、特徴点は曲率の極値点を含むオブジェクト認識方法。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の方法において、特徴点はさらに、曲率がゼロになる点を含むオブジェクト認識方法。

【請求項 6】 請求項 4 に記載の方法において、極値の絶対値が所定のしきい値を超えた極値点のみを特徴点と決めるオブジェクト認識方法。

【請求項 7】 請求項 3 に記載の方法において、特徴点の数をもとにオブジェクトが同定されるオブジェクト認識方法。

【請求項 8】 請求項 3 に記載の方法において、特徴点の配列をもとにオブジェクトが同定されるオブジェクト認識方法。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の方法において、配列の要素の巡回置換で得られる配列はすべて同じ配列とみなすオブジェクト認識方法。

【請求項 10】 請求項 3 に記載の方法において、特徴点の輪郭線上における位置をもとにオブジェクトが同定されるオブジェクト認識方法。

【請求項 11】 請求項 3 に記載の方法において、特徴点における曲率の大きさをもとにオブジェクトが同定されるオブジェクト認識方法。

【請求項 12】 オブジェクトの輪郭線を抽出するステップと、

抽出された輪郭線の曲率を算出するステップと、
算出された曲率の特徴をそのオブジェクトと関連づけて記憶するステップと、

を含むことを特徴とするオブジェクト認識方法。

【請求項 13】 オブジェクトの画像を入力する入力部と、

入力されたオブジェクトの輪郭線を抽出する抽出部と、
抽出された輪郭線の曲率を算出する曲率計算部と、
算出された曲率の特徴をもとにオブジェクトを同定する同定部と、

を含むことを特徴とするオブジェクト認識装置。

【請求項 14】 請求項 13 に記載の装置において、この装置はさらに、複数のオブジェクトについてその曲率の特徴を保持する記憶部を含み、前記同定部は予め記録されていた複数のオブジェクトのうち、その曲率の特徴が前記算出された曲率の特徴に近いものを検索するオブジェクト認識装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明はオブジェクトを認識する方法およびその方法を用いた装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 広く、パターン認識 (pattern recognition) とは処理対象データの意味を定める技術をいう。データは一次元の音声信号、二次元の画像データ、三次元の立体データなど、いろいろな形をとる。そうした中で、画像のパターン認識は人間の視覚系による外界の認識をコンピュータに代行させるものであり、活発な研究が行われている。

【0003】 画像のパターン認識は産業のいろいろな場面で実用化されている。代表的な手法として、従来より統計的パターン認識法 (statistical pattern recognition) が用いられてきた。この手法は決定論的方法を利用し、未知のパターンを多数のクラスの中のひとつまたは複数の割り当てる。このためにまず、入力データから「特徴ベクトル」と呼ばれる N 次元ベクトルが抽出され、それと予め準備された「モデル」である標準パターンの特徴ベクトルとのマッチングが計算される。マッチングの前処理として、一般にパターンの正規化 (pattern normalization)、つまり画像の拡大、縮小、平行移動、回転、画像の濃度などの調節が行われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 統計的パターン認識法の課題は、正規化の良否にパターンの認識精度が依存することである。しかし、正規化の際に配慮すべき項目は概して多く、最適な調整は難しい。例えば、工場の生産ラインを流れていく部品などのオブジェクトを同定する場合、部品が置かれる位置は一定しないだろうから、部品を映した画像を適度に平行移動させたり回転させる必要が生じる。しかし、部品の種類が不明である以上、最適な移動量、回転量を決定することはもとと不可能な問題である。いま同定中の部品を 30 度回転させれば部品 A に似ているが、90 度回転すれば部品 B により似ているという状況は想像にたたくない。また、同じ形状の部品であっても、異なる色に塗られていれば、正規化の難度は高まる。かりに部品の色が同じでも、照明の状況や窓から入り込む光の量を考慮した正規化が求められる場合がある。部品の種類が追加されれば、また新たな正規化が必要になる。

【0005】 最近では特に、フレキシブル・マニファクチャリングが工場に求められており、一本のラインに

いろいろな部品（しかも時間帯によっても異なる部品）が流れる状況が見られる。こうした中であって、部品などオブジェクトの正確かつリアルタイムの同定は生産効率の改善に必須である。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明はこうした点に鑑みてなされたものであり、その目的は、正規化をなくすか、またはその労力を極力減らすことの可能なオブジェクト認識技術の提供にある。別の目的は、比較的少ない計算負荷でオブジェクトを正しく認識することの容易な技術の提供にある。さらに別の目的は、比較的安価な構成でオブジェクトを認識できる技術の提供にある。

【0007】本発明は以下の経験則を利用している。すなわち、人はオブジェクトのシルエットからそのオブジェクトを言い当てることができる。これはオブジェクトの形の特徴が輪郭線に現れることによる。しかも、輪郭線の特徴づける大きな要素は、その曲がり具合、すなわち曲率である。オブジェクト認識が人間の視覚系の働きを模範とする以上、人間がオブジェクトの特徴を把握する方法はコンピュータでも有効と考えられる。

【0008】このため本発明のオブジェクト認識方法は、オブジェクトの輪郭線を抽出するステップと、抽出された輪郭線の曲率を算出するステップと、算出された曲率の特徴をもとにオブジェクトを同定するステップとを含む。保護範囲の確定に当たっては「曲率」は広く解釈されるべきであり、曲率半径など輪郭線の曲がり具合の表示すべてを含むとされるべきである。

【0009】本発明によれば、輪郭線のみを抽出すればよいから、正規化は不要であるか、または極めて少ない工数で済む。正規化の精度も問題になりにくい。このため、安定的なオブジェクト認識が実現する。輪郭線だけに注目すればよいから、新たなオブジェクトにも比較的容易に対応できる。オブジェクトの輪郭線は閉じているため、輪郭線上の任意の点を開始点として必ず曲率を表現することができる。一周回ればもとの点に戻るためであり、曲率に着目する本発明は座標のとりかたに依存しない点でも有利である。輪郭線のみを問題にするため、計算負荷も比較的軽い。

【0010】本発明のある態様では、曲率の特徴点の数をもとにオブジェクトが同定される。特徴点の数も当然座標のとりかたに無関係であり、画像の拡大、縮小、平行移動、回転などの正規化は不要である。曲率の特徴点の配列をもとにオブジェクトが同定される場合も同様である。

【0011】本発明の別の態様は、オブジェクトの輪郭線を抽出するステップと、抽出された輪郭線の曲率を算出するステップと、算出された曲率の特徴をそのオブジェクトと関連づけて記憶するステップを含む。曲率の特徴がいろいろなオブジェクトについて記憶されることにより、曲率に基づくオブジェクトのデータベース構築が

実現する。

【0012】本発明のさらに別の態様はオブジェクト認識装置に関する。この装置は、オブジェクトの画像を入力する入力部と、入力されたオブジェクトの輪郭線を抽出する抽出部と、抽出された輪郭線の曲率を算出する曲率計算部と、算出された曲率の特徴をもとにオブジェクトを同定する同定部とを含む。入力部をカメラで構成する場合、カメラは一台でよい。入力部はOCRやドローイングツールでもよい。いずれの場合も装置のコストは比較的小さくてすむ。

【0013】

【発明の実施の形態】コンピュータ動画においてオブジェクトが画面中を移動する時、人はオブジェクトの姿勢や動く方向によらず、そのオブジェクトを認識することができる。人間がこうした認識を行うとき、オブジェクトの姿勢や方向とは独立なオブジェクトの形の特徴が「不変量」として把握されている。この不変量として、臨界点、つまり凸部分の頂点（ピーク）や凹部分の谷底点（ピット）がある。これらの点はオブジェクトの輪郭線の曲率グラフから得られる。

【0014】図1は実施の形態に係るオブジェクト認識装置の構成図である。同図のごとくこの装置は、オブジェクトを撮影するカメラ2と、カメラ2の映像を取り込んでオブジェクトを認識するPC（パーソナルコンピュータ）4を含む。この装置は工場のコンベア6に流れる部品8を同定するもので、カメラ2はコンベア6に対向するよう取り付けられている。PC4で部品8が同定されると、PC4は任意の製造機械10に対して製造に必要な指示12を与える。

【0015】図2はPC4の内部構成図、図3はPC4による処理手順を示すフローチャートである。図2のごとく、PC4には撮影されたオブジェクトの輪郭線を抽出する抽出部20、抽出された輪郭線の曲率を算出する計算部22、算出された曲率の特徴をもとにオブジェクトを同定する同定部24がソフトウェアモジュールとしてインプリメントされている。同定部24はいろいろなオブジェクトの輪郭線上の曲率の特徴を保持する記憶部26を参照する。

【0016】抽出部20は、ロバート（Robert）フィルタ、ラプラシアン（Laplacian）フィルタ、ラプラシアン-ガウシアン（Laplacian-Gaussian）フィルタ等の既知の微分フィルタによって構成され、オブジェクトの輪郭線を抽出する（図3のS1）。

【0017】計算部22は輪郭線上の画素の位置をもとに、輪郭線上の各点における曲率を計算する（図3のS2）。曲率は、その点において輪郭線にもっともよく接する円の半径の逆数であるが、いま輪郭線は離散的な画素の集合として表現されているため、曲率に関して複数の計算方法が考えられる。

【0018】1. 離散的な画素情報の利用

図4は離散的な画素から直接曲率を求める方法を示す図である。ある画素P0における曲率 κ を、

L1:画素P0とそのn画素前の画素P1で決まる直線

L2:画素P0とそのn画素先の画素P2で決まる直線のなす角 θ ときめる。

【0019】なお曲率とともに、後のグラフ表示のために、曲率計算の開始点から各画素までの距離 s も定義しておく。まず開始点で $s=0$ とし、開始点からの距離が最小になる画素を探してその距離を $s=1$ とする。つぎに、 $s=1$ の画素からの距離が最小になる画素を探してその距離を $s=2$ とし、つぎつぎと s を決めていく。その結果、 (s, κ) のグラフを描くことができる。もちろん、距離 s の決め方は他にもいろいろある。

【0020】2. 近似曲線の利用

離散的な画素の位置を近似するスプライン曲線などの自由曲線をいったん導出する。存在論的な見地からすれば、1.よりも2.のほうが好ましい。実際には、計算負荷を減らしたいときには1.の方法を採用し、より正しい結果を得たいときは2.を採用すればよい。得られた近似曲線は変数 t によってつぎのように媒介変数表示

【0021】 $\{(f(t), g(t)) \mid 0 \leq t \leq T\}$

$f, g: [0, T]$ で定義される C^2 級写像、 $(f(0), g(0))$ は開始点である。点 $(f(t), g(t))$ での曲率 $\kappa(t)$ は式1で求められる。

【0022】

【数1】

$$\kappa(t) = \frac{f''(t)g'(t) - g''(t)f'(t)}{\sqrt{f'(t)^2 + g'(t)^2}^3}$$

(式1)

なお、 $(f(0), g(0))$ から $(f(t), g(t))$ までの曲線の長さは、

【数2】

$$s(t) = \int_0^t \sqrt{f'(s)^2 + g'(s)^2} ds$$

(式2)

と表せる。この場合も (s, κ) のグラフを描くことができる。

【0023】図5はある簡単なオブジェクトXの輪郭線を示す図、図6はその輪郭線に対して計算部22で求められた (s, κ) をプロットしたグラフである。図5において点Aが開始点で、そこから時計方向に点B、C、D、E、F、Gを辿り、点Aに戻る経路で曲率が計算される。図6の横軸は輪郭線上の距離 s 、縦軸は各点の曲率である。図6には所定のしきい値 t_h の位置も示されている。

【0024】同定部24は、図5のグラフを利用してオ

ブジェクトを同定する(図3のS3)。同定部24は、オブジェクトXの曲率の特徴をキーとして、記憶部26に予め記録されていた複数のオブジェクトの中から、その曲率の特徴がオブジェクトXの曲率の特徴に近いものを検索する。曲率の特徴を具体化するために、特徴点という概念を導入する。実施の形態では、曲率が極値をとる点、より具体的にはしきい値 t_h を用いた選定も加味して、

i) 曲率 $\kappa > t_h$ となる正の極大点

10 ii) 曲率 $\kappa < -t_h$ となる負の極小点

の二種類の点、および、

iii) 曲率 $\kappa = 0$ となる点

の合計三種類の点を特徴点と定義する。条件i)を満たす点(ピーク)にコード「 α 」、条件ii)を満たす点(ピット)にコード「 β 」、条件iii)を満たす点にコード「 γ 」を割り当てる。したがって、図6の場合、点B、C、Gが「 α 」、点Eが「 β 」、点D、Fが「 γ 」となり、輪郭線が特徴点の配列、

$\alpha \alpha \gamma \beta \gamma \alpha$

20 と表現される。ここまで準備すれば、後はつぎのようなキーを定めることで検索が可能になる。

【0025】(例1) α と β の合計数をキーとする

図6の場合、「4」である。 γ よりも α および β のほうがオブジェクトの形状をより端的に表していると考えられるためである。

【0026】(例2) α 、 β 、 γ の合計数をキーとする
図6の場合、「6」である。 α と β の間には γ が存在するが、 α と α の間、 β と β の間の γ の存否は不明である。そのため、 γ の数も含めてキーとする。

30 【0027】(例3) α と β のそれぞれの数をキーとする

図6の場合、「3」と「1」で二変数のキーを構成する。この場合も γ も考慮して三変数のキーを作ってもよい。

【0028】(例4) α 、 β 、 γ による配列をキーとする

この場合、互いに巡回置換で得られる配列、例えば、 $\alpha \gamma \beta \gamma \alpha \alpha$ や $\gamma \beta \gamma \alpha \alpha \alpha$ はもとの配列と同一とみなす必要がある。開始点の位置が変わっただけだからである。この場合も γ を外してもよい。

【0029】(例5) α 、 β 、 γ の配列にそれらの位置情報を加えてキーとする

例えば6個の特徴点の周上の距離をそれぞれ $s_1 \sim s_6$ とすれば、これら6個の数字もキーに加える。その場合、輪郭線一周の長さを予め「1」に正規化してもよい。この正規化は非常に容易であり、従来の技術で問題になった調節の難しさはないことに注意すべきである。もちろん、この場合も γ を外してもよい。

【0030】(例6) 特徴点における曲率の大きさをキーとする

50

例えば6個の特徴点の曲率をそれぞれ $\kappa_1 \sim \kappa_6$ とすれば、これら6個の数字を $\alpha \sim \gamma$ の代わりにキーとする。この場合も輪郭線一周の長さを正規化してもよい。この場合も γ に相当する特徴点は外してもよい。

【0031】以上がオブジェクト同定の方法の例である。同定部24は撮影されたオブジェクトと近い特徴をもつオブジェクトを記憶部26の中から検索し、オブジェクトのクラス分け、または同定を行う。その結果、必要な指示12を必要な製造装置に出す。ここでは6つの例を挙げたが、当然これらの中から複数のものを組み合

10

せて利用してもよいし、曲率に関して他の特徴点を採用してもよい。例えば曲率がほぼゼロになる区間が所定の長さを超えたとき、その区間の両端点の特徴点とすることができる。その場合、オブジェクトの輪郭線の直線部分が抽出できる。また、しきい値 t_h も必須ではない。

20

【0032】図5は簡単なオブジェクトを示したが、ある程度に複雑なオブジェクトであれば相当数の特徴点が得られるため、検索に都合がよい。特徴点が多い場合は特に、キーに完全に一致する候補が見つからないこともある。その場合は既存の各種マッチング手法を用いて最も近い候補を探索すればよい。

【0033】なお、図5の場合は輪郭線が一本の曲線で表現できたが、輪郭線がいくつかの滑らかな曲線(C^2 級)の集合として表される一般の場合は、まず輪郭線の全体をこのような C^2 級の曲線の集合に分解する。そして各曲線に対してスタート地点とスタート方向を定め、 $s(t)$ と $\kappa(t)$ を計算する。この結果、

{(s, κ)のグラフ、スタート地点、スタート点からの移動方向}

という集合が得られる。輪郭線全体に対して方向をあらかじめ決めておけばこの集合は明らかに不変量となり、*

*オブジェクトの同定に利用できる。

【0034】以上が実施の形態に係るオブジェクト認識方法および装置である。この実施の形態については、例えば以下のような変形技術も考えられる。

【0035】(1)ここでは工場のラインを流れる部品の同定を考えた。しかし、本発明は生産の自動化に一般に利用できる。例えばアニメータがドローイングツールでオブジェクトの外形をPCに入力すれば、その外形をもとにそのオブジェクトに近い過去のオブジェクトをデータベースから呼び出すことができる。その他、なんらかの形で物体の形状に関わる設計者も、同様の方法をとることでデザインの省力化、共用化が可能になる。

【0036】(2)計算部22は曲率のグラフ(s, κ)を計算した。逆にこのグラフが与えられたとき、以下の計算で元の輪郭線が復元できる。

【0037】

【数3】

$$\frac{dx}{dy} = \cos\left(-\int_0^t \kappa(\tau) \frac{ds}{dt}(\tau) d\tau + \phi\right) \frac{ds}{dt},$$

$$\frac{dy}{dy} = \sin\left(-\int_0^t \kappa(\tau) \frac{ds}{dt}(\tau) d\tau + \phi\right) \frac{ds}{dt},$$

$$\tan\phi = \frac{dy}{dx}(0)$$

これらの式をさらに積分し、次のように(x, y)の二次元曲線が得られる。 x_0, y_0 は積分定数である。

【0038】

【数4】

$$\begin{aligned} x &= x_0 + \int_0^t \cos\left(-\int_0^t \kappa(\tau) \frac{ds}{dt}(\tau) d\tau + \phi\right) \frac{ds}{dt}(\zeta) d\zeta \\ &= y_0 + \int_0^t \sin\left(-\int_0^t \kappa(\tau) \frac{ds}{dt}(\tau) d\tau + \phi\right) \frac{ds}{dt}(\zeta) d\zeta \end{aligned}$$

このため、(s, κ)のグラフはオブジェクトの輪郭線の符号化データと考えることもできる。このグラフを適当な基準で量子化して保存すれば、オブジェクトの形状の特徴を維持しつつ画像データを圧縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態に係るオブジェクト認識装置の構成図である。

【図2】 PC4の内部構成図である。

【図3】 PC4による処理手順を示すフローチャートである。

※

※【図4】 離散的な画素から直接曲率を求める方法を示す図である。

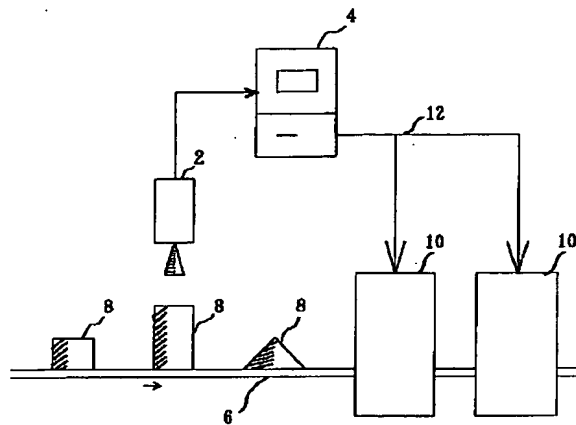
40 【図5】 ある簡単なオブジェクトXの輪郭線を示す図である。

【図6】 図5のオブジェクトの輪郭線に対して計算部で求められた(s, κ)をプロットした図である。

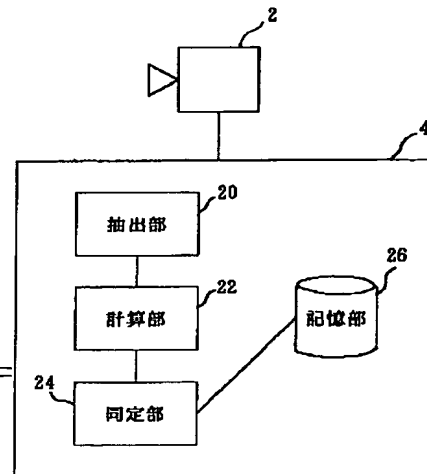
【符号の説明】

2 カメラ、4 PC、6 コンベア、8 部品、10 製造機械、12 指示、20 抽出部、22 計算部、24 同定部、26 記憶部。

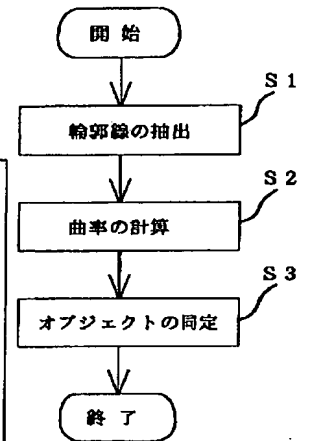
【図1】



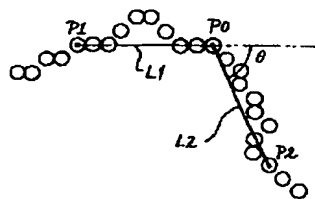
【図2】



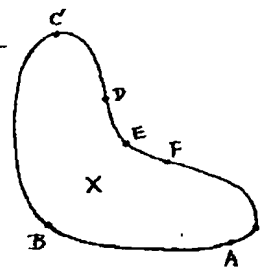
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

